

**Untersuchungen über den Blei- und Cadmiumgehalt
des menschlichen Zahnsteins**

Joachim Herzog

1977

DISSERTATIONS- UND FOTODRUCK FRANK oHG
8 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2 8 0 9 0 9 0

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
Direktor: Prof. Dr. E. Sonnabend
der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität München

"Untersuchungen über den Blei- und Cadmiumgehalt
des menschlichen Zahnsteins"

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Joachim Herzog

aus
Buchloe

Jahr
1977

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität München

Berichterstatter: Prof.Dr.E. Sonnabend

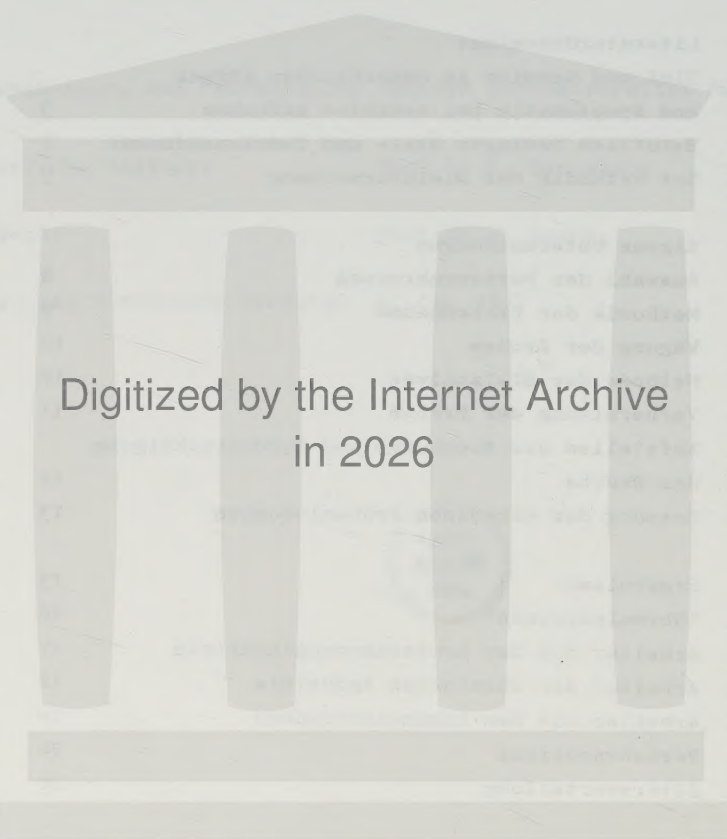
Dekan: Prof.Dr.W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 4. 10. 1977



GLIEDERUNG

1.	Einleitung	Seite	1
2.1.	Literaturübersicht		
2.1.1.	Blei und Cadmium im menschlichen Körper und Symptomatik bei erhöhter Aufnahme		3
2.1.2.	Beruflich bedingte Blei- und Cadmiumaufnahme		7
2.1.3.	Zur Methodik der Bleiüberwachung		7
3.	Eigene Untersuchungen		
3.1.	Auswahl des Personenkreises		8
3.2.	Methodik der Probennahme		9
3.3.	Wägung der Proben		10
3.4.	Methode der Bleianalyse		10
3.4.1.	Vorbereitung der Proben		11
3.4.2.	Aufstellen der Eichkurve und Berücksichtigung des Rauchs		12
3.4.3.	Messung der einzelnen Probenlösungen		13
3.5.	Ergebnisse		13
3.5.1.	"Normalpersonen"		16
3.5.2.	Arbeiter aus der Kraftfahrzeugindustrie		17
3.5.3.	Arbeiter der chemischen Industrie		18
3.5.4.	Arbeiter aus dem Akkumulatorenbau		19
3.5.5.	Verkehrspolizei		20
3.5.6.	Altersverteilung		20
4.	Kritische Auswertung der Ergebnisse		20
5.	Zusammenfassung		25
6.	Literaturverzeichnis		26



Digitized by the Internet Archive
in 2026

1. Einleitung

" Macht Blei dumm ?" - Mit solchen oder ähnlichen Schlagzeilen tauchen in der Presse immer wieder, beinahe regelmäßig, Artikel auf, die sich mit der Umweltverschmutzung befassen.

Mit derartigen Berichten soll dem Einzelnen die Bedeutung und eventuelle Gefahr bestimmter, durch die Umwelt auf Mensch, Tier und Pflanze einwirkender Stoffe bewußt gemacht werden.

Fest steht, daß die Bleiaufnahme durch den Menschen, nachgewiesen durch paläopathologische Studien an Mumien, im Vergleich zur Zeit vor 2850 Jahren etwa an das 100 - fache gestiegen ist. - Ähnliche Ergebnisse werden auch für Cadmium gefunden.

" Der Mensch ist, sobald er zu atmen, zu trinken, zu essen, zu spielen und zu arbeiten beginnt, einer steigenden Aufnahme von Blei unterworfen, bis ein gewisses Gehaltsniveau erreicht ist. Dieses scheint durch das ganze Leben aufrechterhalten zu werden; es tritt also keine weitere Anhäufung ein." (GANT 1955)

Die Inkorporierung von Blei oder seinen Verbindungen geschieht üblicherweise auf zwei Wegen, und zwar zu etwa gleichen Teilen aus Luft und Nahrung (bei Städtern). In die Atemluft gelangt das Blei wohl in der Hauptsache durch die bei der Verbrennung von bleitetraäthylhaltigem Benzin in den Ottomotoren unserer Kraftfahrzeuge freiwerdenden Abgase.

Nicht zu übersehen ist auch die Aufnahme von Schwermetallen, speziell Blei und Cadmium, aus den Glasuren von Gebrauchskeramik oder aus Farben, die sich auf Gebrauchsgegenständen befinden, die von Kindern in den Mund genommen werden.

Darüber hinaus gibt es natürlich noch eine Gruppe von Personen, die durch ihre Berufsausübung über das Normalmaß hinaus bleiexponiert ist.

Zwar werden Vorkehrungen getroffen, die Bleiaufnahme zu verringern oder auszuschließen. Doch sind einige Berufsgruppen auch heute noch als "bleigefährdet" anzusehen, wie zum Beispiel Arbeiter der Kraftfahrzeugindustrie, der chemischen Industrie, von Akkumulatorenfabriken et cetera, und werden systematisch und regelmäßig von Ärzten auf Bleischädigungen überprüft. (siehe auch 2.3)

Doch nicht nur schädliche Wirkungen des Bleis werden diskutiert. So scheinen die in den Autoauspuffgasen enthaltenen Bleisalze wie Bleisulfat, Bleichlorid und Bleiphosphat Pflanzen eher vor Schäden durch andere Auspuffschadstoffe zu bewahren. (RUGE 1973)

Für den menschlichen Organismus geben verschiedene Untersuchungen Auskunft über Aufnahme und Speicherung von Blei und Cadmium sowie über Toxizität, Auswirkungen und Verbleib dieser Schwermetalle. Ergebnisse über den Bleigehalt im Zahnstein haben wir bislang nicht gefunden. Um hier eine Lücke zu schließen und eventuell einen Zusammenhang zwischen Bleiaufnahme und Bleigehalt im Zahnstein herzustellen, wurde diese Untersuchung angestellt.

Da die Versuchsanordnungen für die Messung von Blei und Cadmium fast identisch sind, wurde das Cadmium im Zahnstein mitbestimmt, nicht zuletzt weil sich gerade in der letzten Zeit die Forschung auch auf dieses Schwermetall konzentriert. Diese Ergebnisse werden sozusagen " als Nebenbefund mitgeliefert ", da dieser gegenüber anderen Untersuchungsverfahren relativ leicht zu bewerkstelligen ist.

2.1.) Literaturübersicht

2.1.1.) Blei und Cadmium im menschlichen Körper und Symptomatik bei erhöhter Aufnahme

Da nachweislich die Aufnahme von Blei und Cadmium beim Menschen in den letzten Jahren gestiegen ist, hat die Weltgesundheitsorganisation 1972 für eine Reihe von Schwermetallen die Grenzwerte ihrer zulässigen Konzentration in Wasser neu festgelegt :

Für Blei, dessen Aufnahme in den Städten etwa zu gleichen Teilen aus Luft und Nahrung erfolgt, wurde ein Wert von 0,05 Milligramm pro Liter Wasser vorgeschlagen, wobei damit gerechnet wird, daß die Bleiaufnahme nur zu zehn Prozent durch Wasser erfolgt.

Bei Cadmium erfolgt die Aufnahme hauptsächlich durch die Nahrung. Ein Grenzwert von 0,005 Milligramm Cd pro Liter Wasser wurde vorgeschlagen, um die Aufnahme so niedrig wie möglich zu halten, da man festgestellt hat, daß in Europa und Nordamerika Konzentrationen von 25 bis 100 Mikrogramm pro Gramm Niere (Naßgewicht) auftreten und bei 200 Mikrogramm pro Gramm Niere Schädigungen beobachtet wurden.

Aus den Vereinigten Staaten sind Untersuchungsergebnisse über die Bleiaufnahme bekannt geworden. Sie besagen, daß jeder Amerikaner rund 300 Mikrogramm Blei durch Essen und Trinken pro Tag aufnimmt, wovon der Organismus jedoch nur fünf bis zehn Prozent absorbiert.

Wendet man das Verfahren der Zellmikrochemie von TIMM auf die Zähne an, so zeigen sich braungraue Säume im Dentin, hauptsächlich in der Umgebung der Pulpenhöhle.

" Nahezu alle Dentinkanälchen sind von der Pulpa aus eine Strecke weit mit feinen und feinsten überwiegend der Wandung anliegenden, im blauweißen Licht aufstrahlenden, allmählich an Zahl abnehmenden Körnchen besetzt." (TIMM)

Doch auch in nahe dem Schmelz gelegenen Dentinbezirken und im Wurzelbereich dicht am Zement und im Zement selbst sind Bleiablagerungen zu erkennen. Auch im Pulpendach und in Schichten von Sekundärdentin ist Blei abgelagert.

Daß auch die Tomes'sche Faser Bleieinlagerungen enthält, läßt sich nach TIMM aus einer manchmal vorkommenden mehr zentralen Anordnung der Körnchen vermuten.

Die erhöhte Bleieinlagerung in Milchzähne haben ALTSHULER und Andere 1962 bei Kindern, die an Bleivergiftung starben, nachgewiesen. NEEDLEMAN und Andere (1972) fanden heraus, daß der Bleigehalt in Milchzähnen von Kindern, die aus einer Gegend stammten, wo häufig Bleivergiftungen zu beobachten waren, deutlich über dem Wert lag, der sich bei Milchzähnen von Kindern ergab, die aus Gebieten stammten, von denen Bleivergiftungen nicht bekannt waren.

Dadurch eröffnet sich vielleicht die Möglichkeit, eine Blei- Intoxikation zu einer Zeit nachzuweisen, in der der Zeitpunkt der tatsächlichen Bleiaufnahme erheblich lange zurückliegt.

In diesem Zusammenhang wäre es interessant zu wissen, wann und wie lange die Bleiaufnahme stattgefunden hat. Deshalb untersuchte NEEDLEMAN Milchzähne auf die Lokalisation des eingelagerten Bleis.

Im Gegensatz zu BRUDEVOLT und STEADMAN, die 1956 Blei zu einem hohen Prozentsatz an der Schmelzoberfläche fanden, haben NEEDLEMAN und Andere dort kein Blei gefunden. In nahezu allen Fällen befand sich das Blei entwe-

der in, oder am Rande, der wenigen mineralisierten Zonen, und zwar sowohl im Kronen-, als auch im Wurzelbereich. Das Vorhandensein von Blei in Dentin und Schmelz läßt darauf schließen, daß Blei vor und während der Mineralisation in den Zahn eingebaut wird. Darüber hinaus zeigt das Auftreten von Blei im Wurzel-dentin, daß es ebenfalls während der Ausbildung der Wurzel, ja auch während der Ausbildung von Sekundärdentin in den Zahn eingebaut wird.

Diese Ergebnisse, die mit Hilfe eines elektronischen Mikroanalysegerätes gefunden wurden, decken sich im Großen und Ganzen mit den Ergebnissen, die TIMM mit Hilfe der Histochemie erhalten hat.

KOCH fand 1950 heraus, daß bei Bleibenzinarbeitern ein vermehrter Zahnsteinansatz zu beobachten war. Eine mögliche Erklärung dafür liegt darin, daß Blei in der Mundhöhle mit dem Speichel Basen bildet und so den PH-Wert leicht zur alkalischen Seite verschiebt. Das hat dann ein vermehrtes Ausfällen der Caziumsalze aus dem Speichel und damit bei vorhandenen Plaques eine vermehrte Zahnsteinbildung zur Folge. Da sowohl der Zahnstein, als auch die durch Blei verursachte Verschiebung der Bilirubin- Bilanz als Begünstigungsfaktoren der Parodontalerkrankungen gelten können, käme eine Parodontalerkrankung als mittelbare Berufskrankheit für Bleiarbeiter in Betracht.

Im Blut finden sich Bleiwerte bei "Normalpersonen" von 15 bis zu 25 Gamma Prozent. Erst bei 80 bis 90 Gamma Prozent kann nach FRANKE (1963) von einem erhöhten Bleiblutspiegel gesprochen werden.

Die Symptomatik einer erhöhten Bleiaufnahme ist vielfältig, jedoch nicht immer beweiskräftig. Das Bestehen einer beginnenden Intoxikation ist schwer zu bestimmen, da die Grenzen fließend sind und die Frühsymptome unauffällig bleiben. Meist bestehen keine ausgeprägten Beschwerden. Man findet zum Beispiel allgemeine Abgeschlagenheit, Kopf- und Gliederschmerzen, Appetitlosigkeit, Schlaflosigkeit, Stuhlverstopfung, Bleisaum, Bleikolorit et cetera.

Interessant ist in diesem Zusammenhang vielleicht die Tatsache, daß amerikanische Wissenschaftler bei männlichen Ratten, die erhöhter Bleiaufnahme ausgesetzt waren, eine Beeinträchtigung des Hormonhaushaltes gefunden haben, welche sich auf die Zeugungsfähigkeit und Potenz der Tiere negativ auswirkte. (21)

Cadmium gehört neben Quecksilber und Blei zu den besonders zu beachtenden Schwermetallgiften.

Bei nicht beruflich exponierten Personen steht die Aufnahme durch Wasser und Nahrung gegenüber der pulmonalen Aufnahme im Vordergrund. Das aufgenommene Cadmium wird über viele Jahre hauptsächlich in der Niere gespeichert und nur sehr wenig wieder ausgeschieden.

In Europa und Nordamerika wurden Konzentrationen von 25 bis 100 Mikrogramm pro Gramm Niere (Naßgewicht) gefunden. Da bei einer Konzentration ab 200 Mikrogramm pro Gramm Niere Schäden beobachtet werden, sollte ein besonderes Augenmerk auch auf dieses Gift gerichtet werden. - Als Folgeerscheinung erhöhter Cadmiumaufnahme gilt die Itai- Itai- Krankheit.

Außerdem werden Zusammenhänge diskutiert zwischen erhöhtem Cadmium- Gehalt des menschlichen Organismus und kardiovaskulären Erkrankungen, sowie Beeinträchtigungen der Fortpflanzungsfähigkeit.

2.1.2.) Beruflich bedingte Blei- und Cadmiumaufnahme

Als bleigefährdet anzusehen sind Berufsgruppen, die das Blei auf dem Wege der Inhalation aufnehmen, da hier eine hohe Resorptionsquote vorliegt.

Heute sind in den "klassischen" Berufen, deren Arbeiter vermehrt einer Bleiaufnahme ausgesetzt sind, die Bleivergiftungen oder Bleierkrankungen nahezu ausgeschlossen beziehungsweise verschwunden. Dies ist hauptsächlich zurückzuführen auf die erweiterte Bleiüberwachung, die Ausschaltung von Gefahrenquellen (bei Malern: Bleifarben) und die stark verbesserte Aufklärung der Arbeiter (zum Beispiel bezüglich Hygienemaßnahmen).

CHERCHI berichtete 1966 zum Beispiel, daß dank der organisierten Prophylaxe und verbesserten Mundhygiene die Zahl der Arbeiter einer Bleigießerei, die Zeichen einer Bleiaufnahme zeigten, wesentlich geringer war als in vorhergehenden Untersuchungen.

2.1.3.) Zur Methodik der Bleiüberwachung

Arbeiter, von denen angenommen werden kann, daß sie bleigefährdet sind, werden routinemäßig von Ärzten auf Zeichen eventuell erhöhter Bleiaufnahme untersucht.

Dazu wird geprüft :

- 1.) der Hb- Wert (mit dem Zeiss- Apparat). Er soll 90 Prozent bei Männern und 80 Prozent bei Frauen nicht unterschreiten.
- 2.) das Vorkommen von Tüpfelzellen. Sie sind ein Zeichen der frischen Bleischädigung (Latenz zwei bis vier Wochen).

- 3.) das Vorliegen von Bleisaum oder -kolorit.
- 4.) die Menge des Koproporphyrin III im Urin (normalerweise beträgt sie bis zu 20 Gamma Prozent).
- 5.) der Blutbleigehalt (normal bis 25 Gamma Prozent).

3.) Eigene Untersuchungen

3.1.) Auswahl des Personenkreises

Um eine Aussage machen zu können, ob und inwieweit eine vermehrte Bleiaufnahme einen Niederschlag in der im Zahnstein gefundenen Bleimenge findet, mußten verschiedenen Gruppen von Personen Zahnsteinproben entnommen werden. Diese Gruppen sollten einmal eine "normale" Bleiaufnahme aufweisen, zum anderen aber vermehrt dem Blei ausgesetzt sein.

Zunächst mußte ein Vergleichskollektiv von "Normalpersonen" untersucht werden. Dazu dienten Patienten, die unsere Klinik aufsuchten. Es wurden 79 Proben von männlichen und 31 Proben von weiblichen Patienten gewonnen.

Bei der Suche nach Personen, die vermehrt mit Blei in Berührung kommen, war mir das Bayerische Landesamt für Arbeitsmedizin München behilflich. Es nannte einige

Berufsgruppen, die auch heute noch als bleigefährdet gelten können und regelmäßig von Ärzten auf Blei untersucht werden.

Es kämen unter anderen in Betracht :

Arbeiter der chemischen Industrie, der Kraftfahrzeugindustrie, einer Akkumulatorenfabrik und Angehörige der Münchener Verkehrspolizei.

Bei diesen letzteren Berufsgruppen wurden nur von männlichen Personen Zahnsteinproben entnommen.

3.2.) Methodik der Probennahme

Die Zahnsteinproben wurden bei allen zu untersuchenden Personen auf die gleiche Art gewonnen.

Da nicht immer genügend Ablagerungen gefunden werden konnten, war eine Spezifizierung nach sub- beziehungsweise supragingivalem Zahnstein nicht möglich.

Aufgrund der großen Genauigkeit und Empfindlichkeit der Analysenmethode genügten wenige Bröckchen, um die Messung durchführen zu können. Diese Teilchen wurden am Patienten mit einem Ash - Hartmetallinstrument gewonnen, zwischen zwei runde Filterpapierscheiben und dann ins Labor gebracht. Dort wurden die Proben noch auf demselben Filterpapier, das gefaltet und in einen Glastrichter eingebracht war, mit doppelt destilliertem Wasser gespült und anschliessend an der Luft getrocknet.

Nach der Trocknung, die meist über Nacht abgeschlossen war, gelangten die Proben in nummerierte, bleifreie

Quarzgläser, die luftdicht verschlossen werden konnten. Aufgrund der sehr geringen im Zahnstein enthaltenen Bleimengen mußte dieser gesamte Vorgang, um Fehler zu vermeiden, peinlich sauber und genau erfolgen.

3.3.) Wägung der Proben

Bevor die Proben gewogen werden konnten, fand eine Trocknung im Exsiccator statt, die bis zur Gewichtskonstanz durchgeführt wurde und circa zwei bis drei Tage in Anspruch nahm. Zur Wägung diente eine Präzisionswaage mit einer Genauigkeit von 0,00001 Gramm.

3.4.) Methode der Bleianalyse

Wegen der nur sehr kleinen Absolutmengen an Blei und Cadmium, die in Proben von oft nur wenigen - zum Teil nur einem halben - Milligramm Zahnstein zu erwarten waren, mußte eine sehr empfindliche Analysenmethode gefunden werden.

Von den verfügbaren Spurenanalysen - Methoden arbeitet als einzige die Röntgenfluoreszenz - Analyse zerstörungsfrei. Bei allen anderen sind chemische

Analysenschritte notwendig.

Für die Untersuchungen wurde die Atomabsorptions-Spektralanalyse in ihrer flammenlosen Ausführung im Graphitrohr ausgewählt.

"Diese Methode vereinigt hohe Selektivität und Empfindlichkeit mit einfacher und rascher Arbeitsweise auch für große Versuchsreihen sowie mit niedrigen Betriebskosten. Sie beruht darauf, daß für Blei die von einer Blei-Hohlkathodenlampe ausgehende Resonanzlinie des Bleies von 283,3 nm in der verdampften und in Atome aufgespaltenen Analysenprobe teilweise absorbiert und ihre Schwächung in einem nachgeschalteten Spektralphotometer gemessen wird. Die Absorption ist proportional der Konzentration freier Bleiatome."-

"Die Flammenlose Methode von L'VOV nach MAXMANN verdampft und atomisiert die Probenlösung stationär in einem elektrisch auf bis zu 2700° C geheizten Graphitrohr unter Inertgas." (SANSONI und Andere in 'Environmental health aspects of lead')

Als Gerät diente das G 290 der Firma PERKIN ELMER. Die Nachweisgrenze liegt hier laut Firmenangabe bei 0,02 ppm beziehungsweise 4 ppb. - Der dazu vorher notwendige Aufschluß des Zahnsteins erfolgte durch nasse Veraschung wie folgt:

3.4.1. Vorbereitung der Proben

Die Proben werden in durch vorheriges Auskochen mit HNO_3 und HCl konditionierte Quarzreagenzgläser (10mal 1 cm) gebracht.

Zu den Proben gibt man circa 50 - 100 Mikroliter konzentrierte HNO_3 (circa 65 Prozent suprapur) und löst so den Zahnstein im Aluminiumblock auf Heizplatte RCH (Firma JANKE und KUNKEL) bei 90°C .

Das ergibt eine leichtgetrübte Flüssigkeit, zu der nun Portionen von je 10 Mikroliter 30prozentiges Wasserstoffsuperoxid so oft gegeben werden, bis eine wasserklare Lösung erreicht ist.

Daraufhin wird fast zum Trocknen eingeengt und 0,5 bis 7 Milliliter $0,4 \text{ N HNO}_3$ zugegeben. - Eine Überprüfung dieser Probenvorbereitung mittels radioaktivem Blei 212 ergab, daß hierbei keine Bleiverluste auftreten.

3.4.2. Aufstellen der Eichkurve und Berücksichtigung des Rauchs

Einer nach Analysenangaben von PERØN, G. J. VAN CAMPEN und J. LINDSTRØM hergestellten Zahnsteinmodell-Lösung mit der Zusammensetzung: 77,4 Prozent Asche, 34,2 Prozent Ca, 18,9 Prozent P, 0,9 Prozent Mg, 0,046 Prozent F, 1,84 Prozent CO_2 wurden definierte Mengen von 5 bis 50 Mikrogramm Pb pro Liter zugesetzt und daraus eine Eichkurve erarbeitet.

Zur Ermittlung der Konzentration von Zahnstein, von der an störende Rauchpeaks auftreten und damit eine höhere Bleimenge vorgetäuscht wird, ist die Höhe der unspezifischen Absorption der Wellenlänge 283,3 Nanometer in Abhängigkeit von der Konzentration des gelösten Zahnsteins gemessen worden. Dabei ergab sich, daß die konstante Untergrundabsorption bis etwa 2,3 Milligramm Zahnstein/Milliliter Lösung geht und dann deutlich der zusätzliche, störende Rauchpeak beginnt.

Deshalb lagen die Konzentrationen der Arbeitslösungen dann immer unter zwei Milligramm pro Milliliter.

3.4.3. Messung der einzelnen Probenlösungen

Von den einzelnen Probenlösungen gelangten jeweils vier mal 20 Mikroliter zur Messung, die mit einer Eppendorf- Pipette in das Graphitrohr eingespritzt wurden.

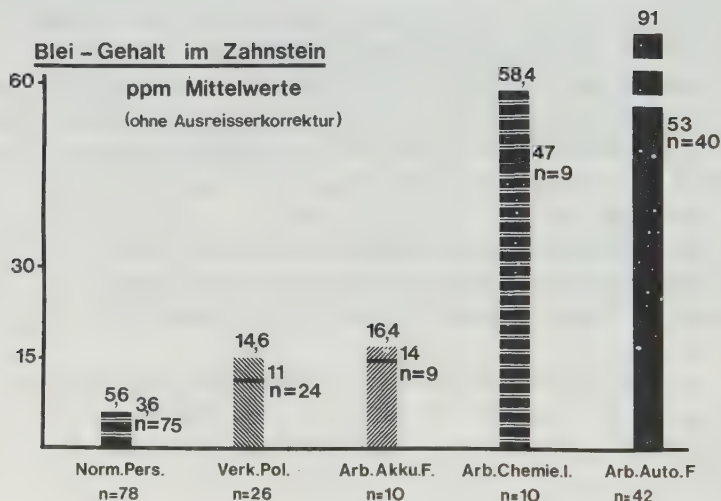
Die Reproduzierbarkeit dieser Vierfach- Bestimmungen betrug im Bereich von 10 bis 1,0 ppm Blei etwa 15 Prozent beziehungsweise für 1 bis 0,1 ppm Cadmium etwa 15 Prozent.

3.5. Ergebnisse

Das jeweilige Meßergebnis entstand aus dem arithmetischen Mittelwert der vier Messungen für jede Probe. Der Ausreißertest nach NALIMOV wurde einmal durchgeführt.

Für die verschiedenen Personengruppen ergaben sich im Einzelnen folgende Resultate :

Abbildung 1
=====



zu Abbildung 1

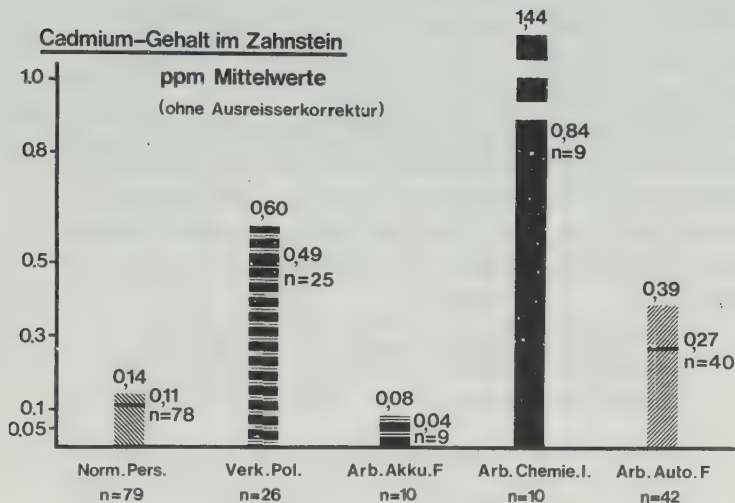
Die Ordinate gibt den Bleigehalt im Zahnstein in ppm an.

Auf der Abszisse sind in Säulen die mittleren Bleiwerte für die verschiedenen Personengruppen ("Normalpersonen", Verkehrspolizei, Arbeiter aus dem Akkumulatorenbau, Arbeiter der chemischen Industrie, Arbeiter aus der Kraftfahrzeugindustrie) aufgetragen.

Die Zahl über der Säule der jeweiligen Gruppe ist der Mittelwert ($\bar{x}$) vor einer Ausreißerkorrektur. Dazu gehört jeweils der unter der Abszisse angegebene Wert n für die Anzahl der untersuchten Personen dieser Gruppe.

Die rechts neben den Säulen angegebenen Werte sind der jeweilige Mittelwert ($\bar{x}$) und die dazugehörige Zahl n der untersuchten Personen nach durchgeführter Ausreißerkorrektur (nach NALIMOV).

Abbildung 2



zu Abbildung 2

Die Ordinate gibt den Cadmiumgehalt im Zahnstein in ppm an.

Auf der Abszisse sind in Säulen die mittleren Cadmiumwerte für die verschiedenen Personengruppen ("Normalpersonen", Verkehrspolizei, Arbeiter aus dem Akkumulatorenbau, Arbeiter der chemischen Industrie, Arbeiter aus der Kraftfahrzeugindustrie) aufgetragen.

Die Zahl über der Säule der jeweiligen Gruppe ist der Mittelwert ($\bar{x}$) vor einer Ausreißerkorrektur. Dazu gehört jeweils der unter der Abszisse angegebene Wert n für die Anzahl der untersuchten Personen dieser Gruppe.

Die rechts neben den Säulen angegebenen Werte sind der jeweilige Mittelwert ($\bar{x}$) und die dazugehörige Zahl n der untersuchten Personen nach durchgeführter Ausreißerkorrektur (nach NALIMOV).

3.5.1. Normalpersonen

Bei der Gruppe "Normalpersonen", die als Vergleichskollektiv dient, handelt es sich überwiegend um Patienten der Universitätszahnklinik München.

Die untersuchten Zahnsteinproben stammten von 79 männlichen und 31 weiblichen Patienten. Da die Proben der bleibelasteten Personen ausschließlich von Männern gewonnen wurden, interessieren als Vergleichswerte hauptsächlich die Messergebnisse der männlichen "Normalpersonen" : (Abb.1)

Anzahl der Proben	$n = 75$
Durchschnittlicher Bleigehalt	$\bar{x} = 5,58 \text{ ppm}$
Standardabweichung	$s(\bar{x})^{\pm} = 6,23 \text{ ppm}$

Zum Vergleich ergab sich ein um 1,64 ppm Blei geringerer Wert für den Bleigehalt im Zahnstein bei weiblichen "Normalpersonen" :

Anzahl der Proben	$n = 30$
Durchschnittlicher Bleigehalt	$\bar{x} = 1,92 \text{ ppm}$
Standardabweichung	$s(\bar{x})^{\pm} = 1,64 \text{ ppm}$

Das Vergleichskollektiv für die Cadmiummessungen an beruflich exponierten Personen ist dasselbe wie das der Bleibestimmung (siehe oben 3.5.1.)

Es ergaben sich die folgenden Werte :

Cadmium , "Normalperschen" männlich (Abb. 1) :

Anzahl der Proben	$n = 78$
Durchschnittlicher Cadmiumgehalt	$\bar{x} = 0,11 \text{ ppm}$
Standardabweichung	$s(\bar{x}) = \pm 0,10 \text{ ppm}$

Cadmium, "Normalpersonen" weiblich :

Anzahl der Proben	$n = 31$
Durchschnittlicher Cadmiumgehalt $\bar{x}$	$= 0,084 \text{ ppm}$
Standardabweichung	$s(\bar{x}) = \pm 0,096 \text{ ppm}$

Auch hier wieder zeigen sich geringere Werte des Schwermetallgehaltes im Zahnstein bei weiblichen Personen gegenüber den männlichen derselben Gruppe.

3.5.2. Arbeiter aus der Kraftfahrzeug- Industrie

Die untersuchten Personen dieser Gruppe waren ausschließlich Männer und als Schleifer, Lötter und Polierer im Karosseriebau tätig.

Die Zahnsteinproben wurden parallel zu einer betriebsärztlichen Bleiüberwachungs- Untersuchung gewonnen und zeigen, vergleicht man die gewonnenen Bleiwerte mit jenen der anderen untersuchten Gruppen, erheblich höhere Mengen Blei im Zahnstein, ja sogar die höchsten aller Gruppen. Wir erhielten für den Bleige halt im Zahnstein folgende Werte : (Abb.1)

Anzahl der Proben	$n = 40$
Durchschnittlicher Bleige halt $\bar{x}$	$= 52,87 \text{ ppm}$
Standardabweichung	$s(\bar{x})^{\pm} = 50,75 \text{ ppm}$

Für den Cadmiumge halt im Zahnstein ergab sich : (Abb.2)

Anzahl der Proben	$n = 40$
Durchschnittlicher Cadmiumge halt $\bar{x}$	$= 0,27 \text{ ppm}$
Standardabweichung	$s(\bar{x})^{\pm} = 0,22 \text{ ppm}$

Auch hier also ein deutlich erhöhter, mehr als das Doppelte betragender, Wert für den Schwermetallgehalt im Zahnstein.

3.5.3. Arbeiter der chemischen Industrie

Die Zahnsteinproben dieser Gruppe wurden parallel zu einer vom Bayerischen Landesamt für Arbeitsmedizin durchgeführten Bleiüberwachungsuntersuchung gewonnen. Der Bleikontakt findet über Bleistearat statt, das im untersuchten Betrieb hergestellt und in Säcke gefüllt wird. Bei einem Rundgang durch die Produktionsstätten war zu bemerken, daß zur Verringerung der Bleibelastung Absauganlagen installiert waren, die Herstellung so weit wie möglich maschinell erfolgte und ein weitgehend geschlossenes System vorlag.

Für den Bleigehalt im Zahnstein ermittelten wir :

Anzahl der Proben	$n = 9$
Durchschnittlicher Bleigehalt $\bar{x}$	$= 45,34 \text{ ppm}$
Standardabweichung	$s(\bar{x})^{\pm} = 34,99 \text{ ppm}$

(Abb.1)

Das bedeutet also auch hier deutlich höhere Werte gegenüber dem Vergleichskollektiv.

Überraschend hoch lagen die Werte für den Cadmiumgehalt im Zahnstein der untersuchten Personen :

Anzahl der Proben	$n = 9$
Durchschnittlicher Cadmiumgehalt $\bar{x}$	$= 0,84 \text{ ppm}$
Standardabweichung	$s(\bar{x})^{\pm} = 0,83 \text{ ppm}$

(Abb.2)

Dieser Wert liegt deutlich an der Spitze aller untersuchten Gruppen und läßt sich durch die im gleichen Werk durchgeführten Herstellung von Cadmiumstearat erklären.

3.5.4. Arbeiter aus dem Akkumulatorenbau

Die Personen des untersuchten Betriebes sind mit der Herstellung von Kraftfahrzeugbatterien beziehungsweise der dazu benötigten Bleiplatten beschäftigt.

Wir erhielten für den Bleigehalt im Zahnstein :

Anzahl der Proben	$n = 9$
Durchschnittlicher Bleigehalt $\bar{x}$	$= 14,01 \text{ ppm}$
Standardabweichung	$s(\bar{x}) = \pm 9,21 \text{ ppm}$

(Abb.1)

Erheblich unter jenen des Vergleichskollektivs lagen die Werte für den Cadmiumgehalt im Zahnstein :

Anzahl der Proben	$n = 9$
Durchschnittlicher Cadmiumgehalt $\bar{x}$	$= 0,04 \text{ ppm}$
Standardabweichung	$s(\bar{x}) = \pm 0,07 \text{ ppm}$

(Abb.2)

3.5.5. Verkehrspolizei

Die untersuchten Zahnsteinproben stammten von Beamten der Münchener Polizei, die hauptsächlich zur Verkehrsregelung eingesetzt und daher vermehrt Autoabgas- verschmutzter Luft ausgesetzt waren.

Es ergab sich für den Bleigehalt im Zahnstein :

Anzahl der Proben	$n = 24$
Durchschnittlicher Bleigehalt $\bar{x}$	$= 10,98 \text{ ppm}$
Standardabweichung	$s(\bar{x}) = \pm 10,30 \text{ ppm}$

(Abb.1)

Der Cadmiumgehalt im Zahnstein erreichte hier das Mehrfache des "Normalwertes" und lieferte ein nicht erwartetes Ergebnis :

Anzahl der Proben	$n = 25$
Durchschnittlicher Cadmiumgehalt $\bar{x}$	$= 0,49 \text{ ppm}$
Standardabweichung	$s(\bar{x}) = \pm 0,43 \text{ ppm}$

(Abb.2)

3.5.6. Altersverteilung

Um zu klären, ob ein Zusammenhang zwischen dem Schwermetallgehalt im Zahnstein der untersuchten Personen und deren Alter besteht, wurden die Ergebnisse der Gruppe der "Normalpersonen" einer statistischen Auswertung mit Berücksichtigung des Alters der jeweiligen Personen zugeführt.

Dabei ergab sich kein Zusammenhang zwischen Alter der Untersuchten und Blei- oder Cadmiumgehalt in dessen Zahnstein.

4. Kritische Auswertung der Ergebnisse

Vergleicht man die Ergebnisse der einzelnen Kontrollgruppen, so ergeben sich erhebliche Differenzen sowohl für Blei als auch für Cadmium zwischen den Gruppen.

Für Cadmium ist der Durchschnittswert der Gruppe mit dem höchsten Wert um Faktor 21 höher als der der Gruppe mit dem niedrigsten Wert. - Setzt man bei Blei den höchsten und niedrigsten Wert in Relation zueinander, so ergibt sich ein Faktor von circa 16.

Einen Bleisaum haben wir in keinem der untersuchten Fälle gesehen.

Interessant ist, daß für das Blei zumindest die Durchschnittswerte in etwa so gestaffelt sind, wie man es eigentlich auch erwarten konnte - Normalpersonen - Verkehrspolizisten - "Bleiarbeiter". Die Verkehrspolizisten nehmen also eine Art Mittelstellung ein zwischen den Normalpersonen und den Bleiarbeitern. - Interessant in diesem Zusammenhang sind Untersuchungsergebnisse aus dem Jahre 1972 (17) wo Normalpersonen, Verkehrspolizisten und Arbeiter aus dem Karosseriebau (Schleifer, Lötter, Polierer, Putzer) auf den Bleigehalt im Blut untersucht wurden. Damals ergab sich dieselbe Staffellung der Ergebnisse von

Normalen	:	12,3 ng Pb/ 100 ml Blut
Polizisten	:	17,3 ng Pb/ 100 ml Blut
Kraftfahrzeugindustrie:	ca.54	ng Pb/ 100 ml Blut

Dabei bilden die Arbeiter der Akkumulatorenfabrik eine gewisse Ausnahme. Das ist einmal bedingt durch den Standort der Fabrik, 40 Kilometer östlich von München, außerdem durch die sowohl durch Arbeitsplatzhygiene - Maßnahmen als auch durch den Arbeitsablauf bedingt relativ geringe Bleiexposition der Arbeiter.

Der Standort der Akkumulatorenfabrik außerhalb der Stadt ist wohl auch die Ursache für die so geringen Cadmiumwerte der dort wohnenden und tätigen Arbeiter, die noch um den Faktor 2,7 niedriger liegen als die der Normalpersonen (Abb. 2)

Doch wo auch immer die Gründe für die verschieden hohen Werte für Blei und Cadmium im Zahnstein liegen, eines erscheint klar: Nur ein erhöhtes Angebot kann zu einem erhöhten Gehalt des jeweiligen Schwermetalls im Zahnstein führen. Daher wäre es von großem Nutzen, wenn sich hier eine Möglichkeit böte, auf relativ einfachem Wege eine erhöhte Blei- beziehungsweise Cadmiumexposition aufzudecken.

Zu den Faktoren, die die Einlagerung von Schwermetallen im Zahnstein beeinflussen, gehören einmal jene, die eine Verringerung der Exposition verursachen, zum anderen die, welche selbst bei erhöhter Exposition die Einlagerung verändern können.

Beim Cadmium findet man in den einzelnen Gruppen andere Abhängigkeiten.

Der hohe Wert bei den Arbeitern der chemischen Industrie ist damit zu begründen, daß im gleichen Betrieb Cadmiumstearat hergestellt wird. - Bei der Polizei werden die Abgase der Dieselmotoren die Ursache der höheren Cadmiumexposition sein.

In der ersten Gruppe finden sich Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitsplatz- beziehungsweise der Umwelthygiene ganz allgemein. Ich denke hier an die Errichtung geschlossener Systeme, leistungsstarker Absauganlagen und entsprechender Filtersysteme in den Abgasanlagen.

In die zweite Gruppe gehört einmal das Tragen von Atemschutzmasken, außerdem die Beachtung oder Verbesserung der persönlichen Hygiene und hier speziell die Mundhygiene des Einzelnen.

■ Unter Berücksichtigung dieser zweiten Gruppe folgt, daß man zwar aus einem geringen Blei- beziehungsweise Cadmiumgehalt im Zahnstein nicht auf eine geringe Blei- beziehungsweise Cadmiumaufnahme des Körpers schließen

kann, daß jedoch eine erhöhte Blei- beziehungsweise Cadmiummenge im Zahnstein auf ein erhöhtes Blei- (Cadmium-) Angebot zurückzuführen ist.

Wenn hier meist an die Verringerung der Schwermetall-exposition in der Industrie gedacht wurde, so ist doch auch die Verringerung des Schwermetallgehaltes unserer Luft von großer Bedeutung. - Für das Blei sind seit einiger Zeit Bestrebungen im Gange, die zumindest die Autoauspuffgase von Bleiverbindungen wie Bleichlorid, Bleisulfat oder Bleiphosphat, die nach der Verbrennung des bleitetraäthylhaltigen Benzins unserer Automobile entstehen, befreien sollen.

Dies geschieht, indem die Menge des pro Liter Benzin zugesetzten Bleitetraäthyls immer mehr gesenkt wird. Von anderer Seite wurde aber auch die Frage aufgeworfen, ob nicht das Auspuffblei andere Schadstoffe entgiftet, die in den Abgasen enthalten sind, insbesondere die Bildung von Stickoxyden verhindert.

Unbestritten bleibt jedoch die Tatsache, daß Blei ein Gift darstellt, das durch seine hohe Konzentration in der Luft unserer Großstädte eine potentielle Gesundheitsgefährdung für den Menschen darstellt.

Ein ad-hoc-Ausschuß des NATIONAL RESEARCH COUNCIL, Committee on Biologic Effects of Atmospheric Pollutants, stellte 1972 in Minneapolis fest, daß eine Bedrohung der Bevölkerung noch nicht gegeben sei. Ein durchschnittlicher Stadtbewohner weist jedoch eine Bleikonzentration im Blut auf, die etwa halb so groß ist wie die Menge, die biochemische Veränderungen im Körper verursacht und die nur ein Viertel des Blutspiegels beträgt, bei dem Bleivergiftungssymptome beginnen.

In Form von Farbstoffpigmenten wird zwei bis dreimal mehr Blei in die Umwelt eingebracht als durch die verbreiteten Autoabgase. Besonders bei Kindern, die bleihaltige Farben zu sich nahmen, wurden Bleivergiftungser-

scheinungen festgestellt.

Offen ist nun noch die Frage, wo und wie Blei und Cadmium in den Zahnstein eingebaut werden. Gibt es eine chemische Bindung und wenn ja, welche?

Zum anderen ist die Bedeutung der Ergebnisse insofern noch unklar, als nicht erforscht ist, welcher Nutzen eventuell für die Bleiüberwachungsuntersuchungen daraus zu ziehen sein wird.

Erhöhte Werte für Blei, Cadmium oder gar andere Metalle lassen zwar auf ein erhöhtes Angebot schließen, jedoch ist ein normaler beziehungsweise niedriger Wert nicht ohne weiteres auf ein geringes Angebot zurückzuführen, da ja Faktoren im Spiel sein können (Mundhygiene), welche die Aufnahme in den Zahnstein verringern beziehungsweise verhindern, der Körper aber trotzdem exponiert war (Inhalation).

Ein Vorteil gegenüber der Messung des Bleigehaltes im Blut ist darin zu sehen, daß die Bleibestimmung im Zahnstein keine "Momentaufnahme" darstellt, sondern wahrscheinlich einen längeren (bestimmbaren) Zeitraum der Bleiaufnahme widerspiegelt.

Abschließend möchten wir feststellen, daß die gewonnenen Werte zunächst noch keine Aussage über ihre eventuelle pathologische Bedeutung für den menschlichen Organismus erlauben. - Aus unseren Ergebnissen ergeben sich weitere Aufgaben und zwar

1. durch vergleichende Untersuchungen des Blei- und Cadmiumgehaltes von Zahnstein, Zahnhartgewebe, Knochen und Blut die langzeitige und kurzfristige Exposition zu erfassen und
2. zu prüfen, ob diese möglicherweise einen Einfluß auf die verschiedenen Formen der Parodontopathien haben.

5. Zusammenfassung

Ziel dieser Untersuchung war der qualitative und quantitative Nachweis des Vorkommens von Blei und Cadmium im menschlichen Zahnstein und eine Antwort auf die Frage, ob bei beruflich exponierten Personen der Gehalt an Schwermetallen im Zahnstein von den Werten für ein Vergleichskollektiv abweicht.

Als Analysenmethode diente die Atomabsorptionsspektrometrie.

Es wurden Arbeiter aus der Kraftfahrzeugindustrie, der chemischen Industrie, dem Bleiakkumulatorenbau und Verkehrspolizisten als bleiexponierte Personen untersucht; dazu als Vergleichskollektiv "Normalpersonen".

Es ergab sich eine signifikante Erhöhung des Bleigehaltes im Zahnstein bleiexponierter Personen.

Die höchsten Bleiwerte wiesen die Arbeiter aus der Kraftfahrzeugindustrie (im Karosseriebau) auf.

Der Bleigehalt verringert sich in der oben angegebenen Reihenfolge bis zu den "Normalpersonen", wobei der Mittelwert der Karosseriebauarbeiter um den Faktor 15 höher liegt als der Mittelwert der "Normalpersonen".

Entsprechendes ergab sich auch für Cadmium. Hier führen die "Arbeiter der chemischen Industrie" mit einem um Faktor 21 höheren Mittelwert gegenüber der Gruppe mit dem niedrigsten Cadmiumgehalt im Zahnstein - den "Arbeitern aus dem Akkumulatorenbau". Diese letztgenannte Gruppe ist wohl durch den 40 Kilometer außerhalb der Großstadt gelegenen Standort der Fabrik weniger cadmiumexponiert als die Kontrollgruppe "Normalpersonen" aus München.

Die Art der Einlagerung von Blei und Cadmium in den Zahnstein ist noch ungeklärt und bedarf weiterer chemischer Untersuchungen.

6. Literaturverzeichnis

- 1 ALTSCHULER, L.F. Lead- Contents in Human deciduous
 HALAH, D.B. teath
 LANDING, B. J. Pediat. 60, 224 (1962)
- 2 BRUDEWOLD, F. Localisation of Lead in Human
 STEADMAN, L.T. deciduous Teath
 J. dent. Research 35, 430 (1956)
- 3 CHERCHI, P. Über das Verhalten von Mund und
 und Mitarbeiter Zähnen bei Bleiarbeitern
 Mondo odontostomat 8, 406 (1966)
- 4 FLURY, F. Vorkommen von Blei im menschlichen
 Körper
 Handbuch der experimentellen Pharma-
 kologie von Hefter und Heubner
 Bd.III, 3 Springer Verlag Berlin (1934)
- 5 FRANKE, W. Die heutige Bedeutung und das klin.
 Bild der Bleivergiftung aus der
 Sicht des Gewerbearztes
 Die Med. Welt 44, 2229-2234 (1963)
- 6 GARDNER, D.G. Die Speicheldrüsen bei experimentel-
 KENNY, D.J. ler Bleivergiftung
 Oral. Surg. Med. Path. 29, 365 (1970)
- 7 GRON, P. Menschlicher Zahnstein. Anorganisch
 van CAMPEN, G.J. chemische und kristallographische
 LINDSTRÖM, J. Zusammensetzung
 Arch. oral Biol. 12, 829-837 (1967)
- 8 GANT, V.A. zitiert bei 11

- 9 HOSCHEK, R. Die Technik der Bleiüberwachungs-
untersuchung
Hippokrates 20, 294-297 (1949)
- 10 KOCH, W. Schäden durch Bleitetraäthylenben-
zin mit praktischen Untersuchungen
insbesondere der Mundhöhle
Med. Diss Marburg (1950)
- 11 LANGENBACH, J. Untersuchungen über das sog. Depot-
UNSELD, D.W. blei im Organismus
Klin. Wochenschrift 39, 381-386 (1961)
- 12 NALIMOV zitiert bei KAISER, R. und GOTT-
SCHALK, G.
Elementare Tests zur Beurteilung von
Meßdaten
BJ-Hochschultaschenbücher Band 774
- 13 NEEDLEMAN, H.L. The distribution of Lead in human
deciduous teeth
Nature 235, 111-112 (1972)
- 14 OHM, H.-J. Die Lokalisation des im menschlichen
Zahnhartgewebe abgelagerten Bleis
Med. Diss. Göttingen 1964 in
Dtsch. zahnärztl. Z. 24, 202-209 (1969)
- 15 PFRIEME (1974) zitiert bei TIMM
- 16 RUGE, STEENKEN, F. zitiert im Handelsblatt vom 30.6.73

- 17 SANSONI, B. Mikrospurenbestimmung von Blei in
KRACKE, W. verschiedenartigen Umweltproben durch
DIETL, F. flammenlose Atomabsorption nach ex-
FISCHER, J. terner Naßveraschung mit H_2O_2/Fe^{2+}
Proceedings of the international
Symposium Environmental health
aspects of lead
Amsterdam Oct. 2 - 6 (1972)
- 18 SCHMIDT, D. Die Bleibelastung der Münchener
SANSONI, B. Verkehrspolizei
KRACKE, W. Münch. Med. Wschr. 114, 1761-1763
DIETL, F. (1972)
BANCHINGER, M.
STICH, W.
- 19 TIMM, F. Histochem. Nachweis des normalen
Bleis im menschlichen Hartgewebe
Virch. Arch. path. Anat. 297,
502-507 (1936)
- 20 WEINIG, E. Über den normalen Bleigehalt des
BÖRNER, B. menschlichen Knochens
Arch. Tox. 19, 34 (1961)
- 21 Blei beeinträchtigt sexuelle Funk-
tion bei Ratten
Fed. Proc. 31, 329 (1972)
zitiert in:
Umschau 72, 18, 578 (1972)

L E B E N S L A U F

Name : Herzog
Vorname : Joachim
geboren : 9.10.1944 in Habelschwerdt/Schlesien
Eltern : Horst und Margot Herzog (geb. Wieckert)

Schulbildung: Volksschule an der südlichen Auffahrts-
allee München von September 1950 bis
Juli 1954;

Rupprecht Oberrealschule München
September 1954 bis Juli 1964

Abitur : 22. Juli 1964 an derselben Schule

Bundeswehr : Oktober 1964 bis Oktober 1966
Letzter Dienstgrad: Leutnant der Reserve

Studiengang : Immatrikulation an der Ludwig Maximilians-
Universität in München für das Studium
der Zahnheilkunde im Wintersemester 1966/67.
Zahnärztliche Vorprüfung am 14.4.1969;
Zahnärztliche Prüfung im Dezember 1971;
Bestallung am 10. Januar 1972

Verehelichung mit Cornelia Herzog, geb. Lang, im Dezember
1973

Kind : Julia (1976)

Arbeits- vom 1.4.1972 bis 30.4.1974 als Verwalter
verhältnisse: der Dienstgeschäfte eines wissenschaftli-
chen Assistenten an der Universitätszahn-
klinik München; vom 1.5.1974 bis September
1975 als Assistent in freier Praxis.

Niederlassung: in Buchloe im Oktober 1975

